

**ผลของ Hydrophillic Polymer (Oasis Gel, T-400) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต  
ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**

**Effects of Hydrophillic Polymer (Oasis Gel, T-400) on Growth and Yield of Corn**

**อริยะ สายสุข<sup>1</sup> ทิวา พาโคทอม<sup>1</sup> และ นงภัทร ไชยชนะ<sup>1</sup>**

**Ariya Saisuk<sup>1</sup>, Tiwa Pakoktom<sup>1</sup> and Nongpat Chaichana<sup>1</sup>**

**บทคัดย่อ**

การทดลองนี้ได้ดำเนินการทดลอง ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่ ณ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างวันที่ 12 เมษายน – 14 กรกฎาคม 2555 เพื่อหาอัตราการใช้ Hydrophillic Polymer (Oasis Gel, T-400) ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยศึกษาที่ 4 อัตรา ได้แก่ อัตรา 0 1 2 และ 3 กก./ไร่ ผลการทดลองพบว่า การใช้ Hydrophillic Polymer (Oasis Gel, T-400) มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ มีผลต่อการเพิ่มความสูงต้น ที่อายุ 28 วัน และความเขียวของใบ ที่อายุ 42 วันหลังปลูก และการใส่ Oasis Gel อัตรา 2 กก./ไร่ มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการเพิ่มน้ำหนักสดใบและน้ำหนักสดลำต้น และการใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ ให้พื้นที่ใบมากที่สุดที่อายุ 98 วัน (อายุเก็บเกี่ยว)

**ABSTRACT**

The experiment was conducted during 12 April-14 July 2012 at the field laboratory of the Department of Agromomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom. The objective of this study was to assess the effect of 4 applied rates, i.e 0, 1, 2 and 3 kg/rai of a Hydrophillic Polymer (Oasis Gel, T-400) on growth and development of corn. The results showed that the addition of Oasis Gel at 1 kg/rai significantly increased plant height at 28 days after planting and chlorophyll content of leaf at 42 days after planting. Additionally the measured fresh weights of leaf and cane were also increased significantly with the addition of Oasis Gel at 2 kg/rai. And to addition of Oasis Gel at 1 kg/rai had significantly increased leaf area which have affected to produce yield and yield component of corn.

Key Words: corn, drought, hydrophillic polymer, oasis gel, plant growth, T-400

e-mail address: agrtwp@ku.ac.th

<sup>1</sup>ภาควิชาพืชไร่ ณ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

## คำนำ

ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ พันธุกรรม การเขตรวม และสภาพแวดล้อม ซึ่งการแสดงออกใดๆ ของพืชขึ้นอยู่กับการทำงานร่วมกันของพันธุกรรมและสภาพแวดล้อมที่พืชขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ โครงสร้างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน แสง อุณหภูมิ ความยาวของช่วงวัน และน้ำ (นอร์ตัน, 2541) น้ำ เป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญที่สุดของสิ่งมีชีวิต ในพืช เนื้อเยื่อและอวัยวะต่างๆ มีน้ำอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันไป ปริมาณน้ำในพืชยังขึ้นกับปริมาณน้ำในดินและในอากาศ พืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำที่แตกต่างกัน ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการใช้น้ำหรือการคายน้ำของพืชมีทั้งจากปัจจัยภายในพืชและปัจจัยแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ ลม ปริมาณน้ำในดิน และความชื้นของบรรยากาศ เป็นต้น ปัจจัยแวดล้อมเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ทำให้การใช้น้ำเปลี่ยนแปลงตามไป (มาลี, 2552) สภาพภูมิอากาศของโลกที่เปลี่ยนแปลง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดคือการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ซึ่งปรากฏการณ์นี้ได้มีความถี่ของการเกิดและความรุนแรงมากขึ้น ความรุนแรงที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้พบว่าในวันที่อุณหภูมิสูงมีเพิ่มมากขึ้นและศักยภาพของการคายระเหยของน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้เกิดปัญหาความแห้งแล้งตามมา (Pingintha *et al.*, 2010) นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากพยายามหาแนวทางในการแก้ปัญหาหรือบรรเทาความแห้งแล้งที่มีผลต่อพืช ซึ่งปัจจุบันมีการใช้ Hydrophillic Polymer เพื่อช่วยแก้ปัญหาการใช้น้ำในพื้นที่ที่แห้งแล้ง และดินไม่สามารถอุ้มน้ำได้ ซึ่ง Hydrophillic Polymer ช่วยให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ทำให้พืชสามารถดูดน้ำได้มากขึ้น ช่วยลดการคายน้ำของพืช ซึ่งทำให้พืชนั้นสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะแห้งแล้ง (Dorraj *et al.*, 2010) และปริมาณน้ำที่ให้ผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด นอกจากนี้ยังมีผลต่อค่าใช้จ่ายในการผลิต (วันชัย และคณะ, 2544) ดังนั้นการทดลองนี้ได้ทดสอบผลของ Oaiss Gel, T-400 ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต และหาอัตราการใช้ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

## อุปกรณ์และวิธีการ

Hydrophillic Polymer ที่ใช้ในการทดลองนี้ มีชื่อทางการค้าว่า Oaiss Gel (T-400) ของบริษัทเมอร์เซีย อินเตอร์เนชันแนล จำกัด วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย Oasis Gel อัตรา 0, 1, 2 และ 3 กก./ไร่ ใช้ข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 224 ของบริษัทแปซิฟิกเมล็ดพันธุ์ จำกัด เป็นพันธุ์ทดสอบ ซึ่งดินใส่กระถาง กระถางละ 20 กิโลกรัม ใส่ Oasis Gel ในอัตราต่างๆ ตามสิ่งทดลอง คลุก Oasis Gel ให้เข้ากับดินปลูกในกระถางโดยทั่ว ปลูกข้าวโพดพันธุ์แปซิฟิก 224 ในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 17 นิ้ว ปลูกกระถางละ 2 หลุม ระยะห่างระหว่างหลุม 25 ซม. ภายหลังออกประมาณ 7 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กก./ไร่ พร้อมปลูก ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กก./ไร่ โดยวิธีโรยข้างหลุม เมื่อข้าวโพดอายุ 30 วัน โดยให้น้ำปริมาณ 916 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวันตามความต้องการน้ำของข้าวโพด ทุก 3 วัน บันทึกการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำ และค่าความเขียวของใบ โดยค่าความเขียวของใบวัดด้วยเครื่อง Chlorophyll Meter รุ่น SPAD-502Plus บริษัท Konica Minolta Sensing, Inc. ทุก 14 วัน ในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดมีอายุ 98 วันหลังปลูก มีการบันทึกน้ำหนักสดฝัก น้ำหนักสดลำต้น น้ำหนักสดใบ น้ำหนักสดราก และพื้นที่ใบ (leaf area) โดยพื้นที่ใบด้วยเครื่อง Leaf Area Meter รุ่น LI-3100A บริษัท LI-COR Biosciences ดำเนินการทดลองโดยเริ่มปลูกวันที่ 12

การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9  
 เมษายน 2555 และสิ้นสุดการทดลองวันที่ 14 กรกฎาคม 2555 บริเวณแปลงทดลอง ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร  
 กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

### ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของ Hydrophylic Polymer ต่อความสูงของข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออายุของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดย ความสูงของข้าวโพดที่อายุ 28 วัน หลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือการใส่ Oasis Gel 2 กก./ไร่ ให้ค่าความสูงของข้าวโพดน้อยสุด ส่วนการใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ และ 3 กก./ไร่ ให้ค่าความสูงของข้าวโพด ในขณะที่ข้าวโพดอายุ 14 42 56 70 84 และ 98 วันหลังปลูก การใส่ Oasis Gel ในอัตราต่างกันไม่มีผลทำให้ความสูงของข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติ

Table 1 Effects of Oasis Gel on average plant height (cm) at different day after planting

Treatment	Day after planting (day)						
	14	28	42	56	70	84	98
Oasis Gel 0 kg/rai	40.5	61.6 ab	115.4	159.4	165.4	161.3	165.3
Oasis Gel 1 kg/rai	37.5	67.5 a	117.4	163.0	168.1	167.6	162.5
Oasis Gel 2 kg/rai	36.4	59.6 b	124.8	153.8	167.8	157.3	160.5
Oasis Gel 3 kg/rai	40.8	68.4 a	119.5	166.5	172.5	166.8	170.3
F-Test	ns <sup>1/</sup>	* <sup>2/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>
C.V.%	11.0	7.7	7.9	7.1	7.2	9.7	8.7

<sup>1/</sup> ns = not significant at P>0.05, <sup>2/</sup> \* = significant at P<0.05

ในขณะที่จำนวนใบสดเฉลี่ยต่อต้น พบว่าการใช้ Oasis Gel อัตราต่างๆ ไม่มีผลต่อความแตกต่างทางด้านจำนวนใบสดต่อต้นของข้าวโพดที่อายุต่างๆ กัน (Table 2) จำนวนใบสดของข้าวโพดมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นตามอายุ และที่อายุ 70 วัน มีจำนวนใบสดสูงที่สุด ซึ่งที่อายุ 70 วัน เป็นระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาของลำต้นระยะสุดท้าย เป็นระยะที่ใบกางสมบูรณ์ การเกิดใบใหม่แต่ละใบใช้เวลาเร็วขึ้น หลังจากนั้นใบสดมีจำนวนลดลง เนื่องจากข้าวโพดเข้าสู่ระยะการเจริญพันธุ์และระยะการพัฒนาเมล็ด (ราเชนทร์, 2539)

**Table 2** Effects of Oasis Gel on average number of fresh leaf per plant at different day after planting

Treatment	Day after planting (day)						
	14	28	42	56	70	84	98
Oasis Gel 0 kg/rai	6	9	11	11	11	11	10
Oasis Gel 1 kg/rai	6	9	10	11	11	10	9
Oasis Gel 2 kg/rai	6	9	10	11	11	9	8
Oasis Gel 3 kg/rai	6	10	10	11	11	10	10
F-Test	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>
C.V.%	7.9	6.4	6.3	9.1	11.5	16.4	20.7

<sup>1/</sup> ns = not significant at P>0.05

ส่วนค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นข้าวโพด ซึ่งวัดที่ตำแหน่งสูงกว่าผิวดิน 10 ซม. พบว่า การใช้ Oasis Gel อัตราต่างๆ ไม่มีผลทางสถิติต่อขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของข้าวโพด (Table 3) โดยค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุ และค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 2.9 ซม. เมื่อข้าวโพดมีอายุ 28 และ 42 วัน หลังจากนั้น ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่าลดลง

**Table 3** Effects of Oasis Gel on average diameter of stem (cm) at different day after planting

Treatment	Day after planting (day)						
	14	28	42	56	70	84	98
Oasis Gel 0 kg/rai	1.6	2.7	2.9	2.4	2.4	2.5	2.5
Oasis Gel 1 kg/rai	1.6	2.6	2.7	2.7	2.4	2.5	2.5
Oasis Gel 2 kg/rai	1.7	2.9	2.7	2.6	2.4	2.4	2.4
Oasis Gel 3 kg/rai	1.8	2.8	2.9	2.6	2.5	2.5	2.5
F-Test	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>
C.V.%	0.2	9.3	7.8	8.7	5.5	7.2	6.3

<sup>1/</sup> ns = not significant at P>0.05

สำหรับค่าความเขียวของใบที่วัดด้วยเครื่อง Chlorophyll meter พบว่า ค่าความเขียวของใบมีค่าแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 42 วันหลังปลูก (Table 4) โดยข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ มีค่าความเขียวสูงสุด เท่ากับ 39 SPAD Unit ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ Oasis Gel อัตรา 3 กก./ไร่ ที่มีค่าความเขียว 36 SPAD Unit ส่วนค่า ความเขียวของข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตรา 0 และ 2 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 34 และ 30 SPAD Unit ตามลำดับ ส่วนที่ อายุอื่นๆ ค่าความเขียวของใบไม่มีค่าแตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 70 วันมีค่าสูงสุด เท่ากับ 44 SPAD Unit และหลังจากนั้นค่าเฉลี่ยความเขียวของใบมีค่าลดลง

**Table 4** Effects of Oasis Gel on average chlorophyll content of leaf (SPAD Unit) at different day after planting

Treatment	Day after planting (day)						
	14	28	42	56	70	84	98
Oasis Gel 0 kg/rai	39	44	34 ab	35	42	32	35
Oasis Gel 1 kg/rai	39	42	39 a	35	46	39	35
Oasis Gel 2 kg/rai	40	43	30 b	34	41	33	32
Oasis Gel 3 kg/rai	39	44	36 a	36	46	40	36
F-Test	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	* <sup>2/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>	ns <sup>1/</sup>
C.V.%	9	7	9	10	13	30	24

<sup>1/</sup> ns = not significant at P>0.05, <sup>2/</sup> \* = significant at P<0.05

ในขณะที่น้ำหนักสดของใบ ลำต้น ฝัก และราก ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 98 วันหลังปลูก พบว่า น้ำหนักสดใบข้าวโพดที่ใส่ Oasis gel ในอัตราที่ต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 1) กล่าวคือ น้ำหนักสดใบข้าวโพดที่ไม่ใส่ Oasis Gel ให้น้ำหนักใบสดมากที่สุด เท่ากับ 69.5 กรัม โดยข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตรา 2 กก./ไร่ มีน้ำหนักใบสดน้อยที่สุด เท่ากับ 34.6 กรัม ส่วนน้ำหนักใบสดของข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel ในอัตรา 1 และ 3 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเท่ากับ 57.1 และ 47.5 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ น้ำหนักสดลำต้นของข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตราต่างๆ กันให้น้ำหนักสดลำต้นข้าวโพดมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ ให้น้ำหนักสดลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 158.2 กรัม น้ำหนักสดฝักข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel อัตรา 0 1 2 และ 3 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 121.7 156.1 124.0 และ 159.5 กรัม ตามลำดับและน้ำหนักสดรากข้าวโพดเมื่อใส่ Oasis Gel ที่อัตราต่างๆ กันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักสดรากข้าวโพดที่ใส่ Oasis Gel 0, 1, 2 และ 3 กก./ไร่ มีค่าเท่ากับ 106.9 168.7 90.4 และ 159.5 กรัม ตามลำดับ

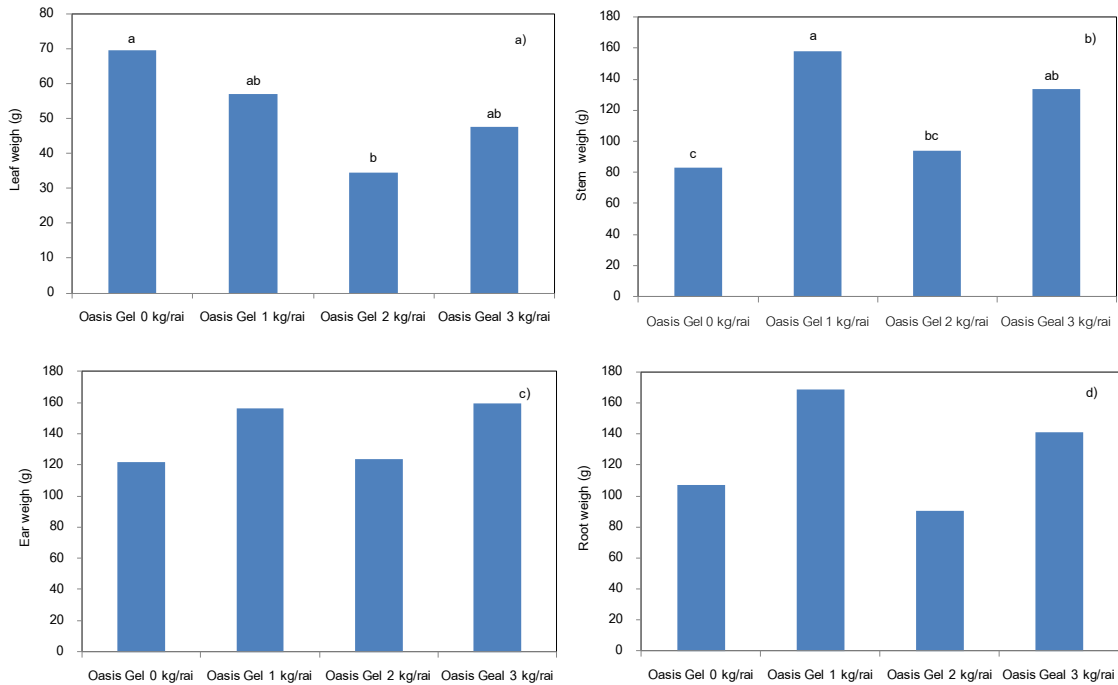


Figure 1 Effect of Oasis Gel on fresh weight of a), leaf (g), b) stem (g), c) ear (g) and d) root (g)

จากการศึกษาผลของ Oasis Gel ต่อพื้นที่ใบของข้าวโพดที่อายุ 98 วัน พบว่า พื้นที่ใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Figure 2) กล่าวคือการใช้ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ ส่งผลให้ข้าวโพดมีพื้นที่ใบมากที่สุด 3,129 cm<sup>2</sup> ส่วนพื้นที่ใบของข้าวโพดที่ใช้ Oasis Gel อัตรา 2 กก./ไร่ มีค่าน้อยสุด 1,773 cm<sup>2</sup> Cakir (2004) ได้รายงานว่าการรดให้น้ำ ทำให้พื้นที่ใบและดัชนีพื้นที่ใบของข้าวโพดลดลง โดยการขยายขนาดของใบนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในพืช และพื้นที่ใบเป็นปัจจัยสำคัญของการให้น้ำหนักเมล็ดและผลผลิต หากพื้นที่ใบลดลงจะทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตลดลงด้วย (ราเชนทร์, 2539)

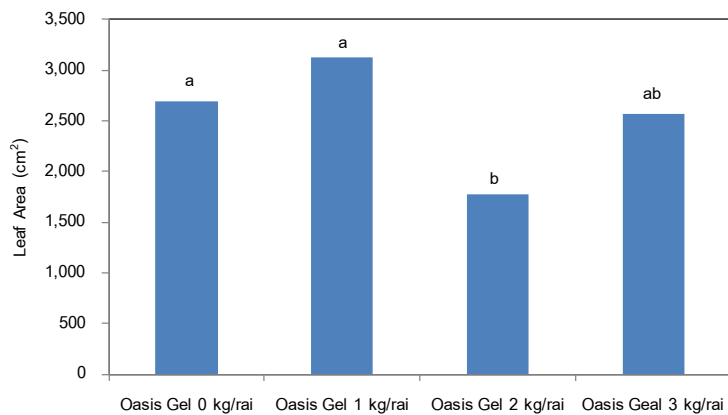


Figure 2 Effect of Oasis Gel on leaf area (cm<sup>2</sup>) of leaf

## สรุป

Hydrophilic Polymer ที่มีชื่อการค้าว่า Oasis Gel (T-400) มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยการใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ มีผลต่อการเพิ่มความสูงต้น อย่างมีนัยสำคัญที่อายุ 28 วันหลังปลูก และความเขียวของใบ ที่อายุ 42 วันหลังปลูก และการใส่ Oasis Gel อัตรา 2 กก./ไร่ มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักสดใบและน้ำหนักสดลำต้น ข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใส่ Oasis Gel ที่อัตราต่างๆ กันไม่มีผลต่อน้ำหนักฝักสดของข้าวโพด แต่การใส่ Oasis Gel อัตรา 3 กก./ไร่ น้ำหนักสดลำต้นมากที่สุด เท่ากับ 158.2 กรัม และการใส่ Oasis Gel อัตรา 1 กก./ไร่ ให้พื้นที่ใบมากที่สุด ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

## เอกสารอ้างอิง

- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ. 2541. **เอกสารคำสอน สรีรวิทยาของการผลิตพืช**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- มาลี ณ นคร. 2552. ความสัมพันธ์ของน้ำและพืช, น. 3-29. ใน **สรีรวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ.
- ราเชนทร์ ธิรพร. 2539. **ข้าวโพด**. พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัทด้านสุทธนาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- วันชัย ถนอมทรัพย์, เสน่ห์ เครือแก้ว, สุมนา งามผ่องใส, วิไลวรรณ พรหมคำ และ จิราลักษณ์ ภูมิไธสง. 2544. การตอบสนองของข้าวโพดคั่วต่ออัตราและระยะเวลาการหยุดให้น้ำ **วารสารวิชาการเกษตร** 19(2): 157-167.
- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. **Field Crops Research** 89: 1-16.
- Dorraj, S. S., A. Golchin and S. Ahmadi. 2010. The effects of Hydrophilic Polymer and salinity on corn growth in sandy and loamy soil. **Clean-Soil, Air, Water** 38(7): 584-591.
- Pinginta, N., M.Y. Leclerc, J.P. Beasley Jr., D. Durden, G. Zhang, C. Senthong and D. Rowland. 2010. Hysteresis response of daytime net ecosystem exchange during drought. **Biogeosciences** 7: 1159-1170.